维生素 E 对三黄肉鸡免疫功能、组织α-生育酚沉积及脂蛋白酯酶、脂肪酸结合蛋白基因表达的影响

刘敏燕[1] 卜泽明[2] 李媛媛[1] 刘文涛[1] 苏立燧[3] 梁明振[1*]

（1.广西大学动物科学技术学院，南宁 530004；2.广西壮族自治区兽药监察所，南宁 530001；3.广西富凤集团，南宁 530001）

摘 要：本试验旨在研究饲粮不同维生素 E 水平对三黄肉鸡免疫功能、组织α-生育酚沉积及脂蛋白酯酶（*LPL*）、脂肪酸结合蛋白基因表达的影响。将 256 只 80 日龄广西三黄肉鸡随机分为 4 组，各组分别在基础饲粮中添加 0(对照)、50、100、150 mg/kg 的维生素 E，每组 4 个重复, 每重复 16 只。预试期 5 d, 正试期 35 d。结果表明，与对照组相比：1）饲粮添加 50 mg/kg 维生素 E 显著提高血清中免疫球蛋白 A 含量(P<0.05)；饲粮添加 150 mg/kg 维生素 E 显著提高血清中免疫球蛋白 M 含量(P<0.05)；饲粮添加不同水平的维生素 E 对脾脏指数和血清中白细胞介素 2、肿瘤坏死因子α、γ干扰素及免疫球蛋白 G 含量均无显著影响(P>0.05)。2）饲粮添加 50、100 及 150 mg/kg 维生素 E 均能显著提高肝脏α-生育酚含量(P<0.05)；饲粮添加 150 mg/kg 维生素 E 显著提高胸肌α-生育酚含量(P<0.05)；饲粮添加不同水平维生素 E 对腿肌α-生育酚含量无显著影响(P>0.05)。3）饲粮添加 100 和 150 mg/kg 维生素 E 均能显著提高肝脏 *LPL* 基因表达量(P<0.05)；饲粮添加 150 mg/kg 维生素 E 能显著提高肝脏心脏型脂肪酸结合蛋白（*H-FABP*）基因表达量(P<0.05)；饲粮添加 50、100 及 150 mg/kg 维生素 E 均能显著提高肝脏肝脏型脂肪酸结合蛋白（*L-FABP*）基因表达量(P<0.05)；饲粮添加不同水平维生素 E 对肝脏脂肪细胞型脂肪酸结合蛋白（*A-FABP*）基因表达量无显著的影响(P>0.05)。4)饲粮维生素 E 添加水平与广西三黄肉鸡肝脏 *LPL*、*H-FABP*、*L-FABP* 基因表达量呈显著正相关(P<0.05)。综合得出，饲粮添加高水平（150 mg/kg）的维生素 E 可以改善广西三黄肉鸡的免疫功能，提高组织中α-生育酚的沉积，调节肝脏 *LPL*、*H-FABP*、*L-FABP* 基因表达量，从而影响机体的脂质代谢。

关键词：维生素 E；广西三黄肉鸡；免疫功能；α-生育酚沉积；基因表达量

收稿日期：2017-06-20
基金项目：广西自然科学基金项目(2015GXNSFAA139061)；科技合作项目（玉市校科合201503804）
作者简介：刘敏燕（1990—），女，广西北海人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: lmyjy71@163.com
*通信作者：梁明振，教授，硕士生导师，E-mail: lmzhen62@163.com

中图分类号：S816.7

动物在受到环境不良因素刺激时，生理状态会发生改变而引起神经、内分泌及免疫系统等一系列应答反应，造成免疫力和抵抗力低下，最终对其生长发育、生产性能产生不同程度的影响，严重时甚至引起死亡[1]。故而在不可避免的环境应激下，提高畜禽免疫功能有利于畜禽的健康生长，降低死亡率。已有研究表明，维生素 E 在动物体内发挥着多样作用，可作为免疫调节制调节动物体内的大部分组织正常执行功能[2]，故而在畜禽饲粮适当添加维生素 E 有利于其免疫功能的改善。α-生育酚是维生素 E 中活性最高一种形式，探索α-生育酚在机体内沉积量是否会随着摄入的维生素 E 量的增加而增加具有重要的意义。肝脏是鸡进行脂质代谢的主要场所，而这些过程得以正常进行有赖于许多参与脂质代谢的相关因子，这其中就有脂蛋白酯酶（LPL）与脂肪酸结合蛋白（FABPs）的作用。LPL 是参与鸡肝脏内脂质代谢的重要因子，可以使极低密度脂蛋白（VLDL）中的甘油三酯脂解生成甘油和脂肪酸，而 FABPs 具有运输长链脂肪酸的作用，参与脂肪转运活动，可调节细胞内脂肪酸浓度从而调节脂肪酸代谢[3]。FABPs 分布广泛，按被分离的组织来命名有 9 种类型，本研究选取其中与肝脏脂肪代谢联系相对更密切的脂肪细胞型脂肪酸结合蛋白（*A-FABP*）、心脏型脂肪酸结合蛋白（*H-FABP*）、肝脏型脂肪酸结合蛋白（*L-FABP*）进行研究[4]。由于维生素 E 的脂溶和抗氧化的特性，在 20 世纪 80 年代它就被认定具有信号传导和基因调控作用[5]。本试验研究饲粮添加不同水平的维生素 E 对广西三黄肉鸡免疫功能、α-生育酚沉积的影响，并着重研究维生素 E 能否对动物的脂质代谢相关候选基因存在调控作用，为维生素 E 是否能通过影响相关基因表达来改善动物的脂质代谢提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

采用单因素完全随机设计，将 256 只 80 日龄健康、体重相近的广西三黄肉鸡（母鸡）作为试验动物，随机分为 4 组，每组 4 个重复，每个重复 16 只鸡。试验采用玉米−豆粕型的基础饲粮，对照组，试验I、II、III组分别在基础饲粮中添加 0、50、100、150 mg/kg 的维生素 E。预试期 5 d，正试期 35 d。采用笼养方式。试验添加的维生素 E 为 *DL-α*-醋酸生育酚，有效成分含量为 50%。

1.2 试验饲粮

基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	65
小麦麸 Wheat bran	5
三七糠 Notoginseng bran	2
豆粕 Soybean meal	23
石粉 Limestone	2
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1
预混料 Premix[1)]	2
合计 Total	100
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 Metabolizable energy/(MJ/kg)	11.32
粗蛋白质 Crude protein	17.01
钙 Calcium	1.80
有效磷 Available phosphorus	0.25
赖氨酸 Lysine	0.85
蛋氨酸+半胱氨酸 Met +Cys	0.61
维生素 E Vitamin E/(mg/kg)	16.07

[1)]每千克预混料含有 One kg of premix provided the following：VA 70 000~250 000 IU，VB_1≧30 mg，VB_2≧80 mg，VB_6≧70 mg，VB_{12}≧0.15 mg，VD_3 42 000~120 000 IU，VK_3 45~125 mg，泛酸 pantothenic acid≧350 mg，烟酸 nicotinic acid≧800 mg，生物素 biotin≧7.0 mg，胆碱 choline≧8.0 g，叶酸 folic acid ≧15mg，Mn 1 000~3 700 mg，Zn 1 250~3 700 mg，Fe 1 000~12 000 mg，Cu 210~800 mg，I 4~125 mg，Se 4.0~12.0 mg，Co 4~50 mg，TP 20~50 g,食盐 NaCl 20~50 g。

[2)]粗蛋白质、钙、有效磷含量为实测值，其他营养水平为计算值。Crude protein，calcium and available phosphorus contents were measured values, while the other nutrient levels were calculated values

1.3　饲养管理

试验鸡均在同一鸡舍内饲养，笼养方式饲养，采食粉料，不限制采食，自由饮水，自然光照、通风，管理与免疫程序按鸡场常规方法进行。

1.4　采样

试鸡饲养至 120 日龄结束，每重复随机选 2 只试鸡，宰前禁食 12 h, 只供饮水。屠宰时剖开体腔, 仔细分离出肝脏及左侧胸、腿肌，用双蒸水清洗血污杂质, 称重后取样至于液氮中

冷冻保存, 后保存于-80 ℃超低温冰箱, 用于测定α-生育酚的含量和基因表达量。

1.5　测定指标及方法

1.5.1　免疫指标

血清免疫指标：采用酶联免疫吸附试验（ELISA）法测定血清白细胞介素 2（IL-2）、肿瘤坏死因子α（TNF-α）、γ干扰素含量；采用全自动生化分析仪（ACA）测定血清免疫球蛋白 G（IgG）、免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 M（IgM）含量。免疫器官指数：计算鸡的脾脏占体重的百分比得到脾脏指数。

1.5.2　α-生育酚的含量

按照国标方法（GB/T 9695.30—2008）采用高效液相色谱法测定肝脏、胸肌及腿肌的α-生育酚的含量。

1.5.3　基因表达的测定

总 RNA 提取采用 Trizol 法，结合实验室条件及按照 GenStar 公司的总 RNA 提取试剂盒说明操作。用酶标仪测定提取的总 RNA 浓度与纯度测定。

结合 cDNA 合成试剂盒的使用说明与本实验室的条件进行反转录操作将总 RNA 反转录为 cDNA。

参考 GenBank 的鸡的甘油醛-3-磷酸脱氢酶（*GAPDH*）、*LPL*、*A-FABP*、*H-FABP*、*L-FABP* 基因的序列, 设计相应的特异性引物。*GAPDH*，**上游:5′**-GGGGAAAGTCATCCCTGAGC-3′, **下游:5′**-TTGGCTGGTTTCTCCAGACG-3′;*LPL*，**上游:5′**-CCGATCCCGAAGCTGAGATG-3′, **下游:5′**-ACATTCCTGTCACCGTCCAC-3′;*A-FABP*，**上游:5′**-ATATGAAAGAGCTGGGTGTGGG-3′，**下游:5′**-TTTCTGTCATCTGCTGTGGTCT-3′;*H-FABP*，**上游:5′**-ACGGTGAAGACCCATAGCAC-3′，**下游:5′**-TTGACCAAGGACTTGACATGC-3′;*L-FABP*，**上游：5′**-ACTGTGACTACTGGCTCCAAAG-3′，**下游:5′**-TCCCTTCGTCATTGTATGGGTG-3′。

实时定量 PCR（RT-PCR）反应体系：cDNA 1 μL，上游引物 1 μL，下游引物 1 μL，2×RealStar Green Fast Mixture with ROX II 10 μL，RNase-free H_2O 7 μL。按体系把各反应成分加入 PCR 管混匀，低速离心使反应液集中于底部且使管中无气泡，放入实时定量 PCR 仪按照设定好的程序进行目的基因片段的扩增。实时定量 PCR 反应程序：95 ℃预变性 5 min；

94 ℃变性 0.5 min，56 ℃退火 0.5 min，72 ℃延伸 0.5 min，30 个循环；72 ℃延伸 7 min。采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法对基因表达量进行相对定量。

1.6 数据处理与统计分析

数据采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析，再用 Duncan 氏法做多重比较，试验结果均以“平均值±标准差”表示。

2 结 果

2.1 维生素 E 对广西三黄肉鸡血清免疫指标及免疫器官指数的影响

由表 2 可见，与对照组相比，饲粮添加 50 mg/kg 维生素 E 使鸡血清中 IgA 含量显著提高(P<0.05)；饲粮添加 150 mg/kg 维生素 E 使鸡血清中 IgM 含量显著提高 (P<0.05)；饲粮添加不同水平的维生素 E 对鸡血清中 IL-2、TNF-α、γ干扰素、IgG 含量及脾脏指数均无显著影响(P>0.05)。

表 2 饲粮不同水平维生素 E 对广西三黄肉鸡血清免疫指标及免疫器官指数的影响

Table 2 Effects of different levels of vitamin E on serum immune indexes and immune organ index of *Guangxi Sanhuang* chickens

项目 Items	维生素 E 添加水平 Vitamin E supplemental level/(mg/kg)			
	0	50	100	150
白细胞介素 2 IL-2/(pg/mL)	30.710±7.835	21.370±2.121	29.585±0.672	30.550±10.946
肿瘤坏死因子α TNF-α/(pg/mL)	12.540±5.063	9.720±0.509	8.110±2.744	6.695±1.874
γ干扰素 Interferon-γ/(pg/mL)	1.895±0.318	4.575±0.841	2.865±1.054	2.570±1.994
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	2.830±1.202	2.950±0.099	4.485±0.813	3.325±0.488
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	0.875±0.346^{b}	3.015±0.064^{a}	1.670±0.933^{ab}	1.495±0.672^{ab}
免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	0.295±0.035^{b}	0.165±0.035^{c}	0.325±0.007^{b}	0.770±0.014^{a}
脾脏指数 Spleen index/%	0.267±0.007	0.340±0.092	0.326±0.041	0.358±0.154

同行数据肩标相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示异显著(P<0.05)。下表同。

Values in the same row with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 维生素 E 对广西三黄肉鸡肝脏α-生育酚沉积的影响

由表 3 可见，与对照组相比，饲粮添加 50、100 及 150 mg/kg 维生素 E 均能显著提高鸡肝脏α-生育酚含量(P<0.05)；饲粮添加 150 mg/kg 维生素 E 显著提高鸡胸肌α-生育酚含量(P<0.05)；饲粮添加不同水平维生素 E 对鸡腿肌α-生育酚含量无显著影响(P>0.05)，但随着维生素 E 的增加，鸡腿肌α-生育酚含量有所提高。

表 3　饲粮不同水平维生素 E 对广西三黄肉鸡肝脏 α -生育酚沉积的影响

Table 3　Effects of different levels of vitamin E on α-tocopherol deposition in liver of *Guangxi Sanhuang* chickens　　mg/kg

项目 Items	维生素 E 添加水平 Vitamin E supplemental level/(mg/kg) 0	50	100	150
肝脏α-生育酚 α-tocopherol in liver	29.1±4.25[d]	54.00±0.40[b]	40.00±2.00[c]	63.40±4.40[a]
胸肌α-生育酚 α-tocopherol in pectorales	4.85±0.21[b]	5.60±0.14[b]	4.80±0.00[b]	8.50±0.85[a]
腿肌α-生育酚 α-tocopherol in crureus	10.05±2.15	11.65±0.25	11.80±1.06	13.30±3.50

2.3　维生素 E 对广西三黄肉鸡肝脏 *LPL* 及 *FABPs* 基因的表达量的影响

由表 4 可知，随着在饲粮维生素 E 添加水平的升高，鸡肝脏的 *LPL*、*H-FABP* 及 *L-FABP* 基因的表达量均呈升高趋势。与对照组相比，饲粮添加 100 和 150 mg/kg 维生素 E 显著提高鸡肝脏的 *LPL* 基因表达量(P<0.05)；饲粮添加 150 mg/kg 维生素 E 显著提高鸡肝脏的 *H-FABP* 基因表达量（P<0.05)；饲粮添加 50、100 及 150 mg/kg 维生素 E 均显著提高鸡肝脏的 *L-FABP* 基因表达量(P<0.05)；饲粮添加不同水平维生素 E 对鸡肝脏的 *A-FAB*P 基因表达量无显著的影响(P>0.05)。

表 4　饲粮不同水平维生素 E 对广西三黄肉鸡肝脏的 *LPL* 及 *FABPs* 基因的表达量的影响

Table 4　Effects of different levels of vitamin E on expression level of *LPL* and *FABPs* genes in liver of *Guangxi Sanhuang* chickens

项目 Items	维生素 E 添加水平 Vitamin E supplemental level/(mg/kg) 0	50	100	150
脂蛋白酯酶 *LPL*	0.728±0.285[c]	1.552±0.306[bc]	4.970±2.072[ab]	8.318±2.970[a]
脂肪细胞型脂肪酸结合蛋白 *A-FABP*	0.684±0.277	0.952±0.111	0.798±0.433	3.897±3.733
心脏型脂肪酸结合蛋白 *H-FABP*	1.316±0.355[b]	5.432±1.749[b]	6.970±3.118[b]	18.319±7.324[a]
肝脏型脂肪酸结合蛋白 *L-FABP*	1.700±0.618[b]	4.156±0.946[a]	5.294±1.859[a]	6.291±1.230[a]

2.4　饲粮维生素 E 添加水平与广西三黄肉鸡组织α-生育酚含量、*LPL* 及 *FABPs* 基因表达量的相关关系

由表 5 可知，在三黄肉鸡中，维生素 E 添加水平与腿肌α-生育酚含量及肝脏 *LPL*、*H-FABP*、*L-FABP* 基因表达量均呈显著正相关(P<0.05)。

表 5　饲粮维生素 E 添加水平与广西三黄肉鸡组织α-生育酚含量、*LPL* 及 *FABPs* 基因表达量的相关关系

Table 5　Correlation relationships between dietary vitamin E level and α-tocopherol content, expression levels of *LPL* and *FABPs* genes in tissues of *Guangxi Sanhuang* chickens

项目 Item	肝脏α-生育酚 α-tocopherol in liver	胸肌α-生育酚 α-tocopherol in pectorales	腿肌α-生育酚 α-tocopherol in crureus	肝脏脂蛋白酯酶 *LPL* in liver	肝脏脂肪细胞型脂肪酸结合蛋白	肝脏心脏型脂肪酸结合蛋白 *H-FAB* in	肝脏肝脏型脂肪酸结合蛋白 *L-FABP* in

					A-FABP in liver	liver	liver
维生素 E 添加水平 Vitamin E supplemental level	0.759	0.750	0.949*	0.973*	0.792	0.932*	0.974*

*表示显著相关（P<0.05）。

* mean significant correlation （P<0.05）.

3 讨 论

3.1 维生素 E 对广西三黄肉鸡免疫功能的影响

在雏鸭饲粮中添加维生素 E，可显著提高血清 IgA 含量，IgG 和 IgM 含量也有升高趋势[6]。国外研究还表明，在给胚蛋注射维生素 E 后，其孵化率显著升高，鸡 42 日龄时，血清 IgM 和 IgA 含量显著提高，血清 IgG 含量也有所提高[7]。本试验中，与对照组相比，各试验组肉鸡血清 IgG、IgA、IgM 含量均有不同程度的提高，血清 IL-2 含量在试验组呈升高的趋势。这说明在饲粮中添加适宜水平的维生素 E 能增加肉鸡血清免疫球蛋白合成及促进 IL-2 的分泌，进而增强机体免疫力和对外界不良环境的抵抗力。蒋守群等[8]研究认为，维生素 E 缺乏会使家禽的免疫器官生长发育受到抑制甚至损伤，维生素 E 能显著降低其血清中 TNF-α 含量。而本试验结果在一定程度上支持了以上观点，维生素 E 对 TNF-α的分泌有抑制作用，减轻因其引起的炎症反应，促进免疫系统的正常应答。综上，广西三黄肉鸡饲粮中增加适当水平的维生素 E 有利于机体内免疫应答因子的良好发展，进而一定程度上改善机体的免疫功能。

3.2 维生素 E 对广西三黄肉鸡组织α-生育酚含量的影响

α-生育酚是维生素 E 的最主要活性成分，也是存在最多的一种异构体，故其在机体的含量基本可以代表维生素 E 的沉积情况。张宏馨等[9]研究表明提高维生素 E 添加水平，能显著提高蛋鸡肝脏α-生育酚含量。而在肉鸡饲粮添加α-生育酚醋酸酯，也可显著增加其血清中α-生育酚醋酸酯的含量[10]。更早的研究也表明，随着蛋鸡饲粮维生素 E 水平的升高，蛋黄、肝脏及肌肉的α-生育酚含量显著提高[11]。本试验的结果类似，这都表明了维生素 E 添加量与α-生育酚沉积正相关性较高，在允许范围内，机体摄入的维生素 E 越多其各组织沉积量也会越多。在 3 种组织中，可看出肝脏的α-生育酚沉积是胸肌、腿肌的几倍到十倍，这一定程度上表明了肝脏可能是调节机体内α-生育酚发挥作用的重要场所。

3.3 维生素 E 对广西三黄肉鸡 *LPL* 及 *FABPs* 基因表达的影响

LPL 基因表达水平与机体脂质代谢密切相关，不仅与肌内脂肪沉积有积极关系[12]，还是影响血浆脂质水平的关键因素[13]，本试验探讨维生素 E 是否能影响其向积极方面表达。结果表明，添加高水平的维生素 E 可显著提高肝脏 *LPL* 基因表达量，且两者呈显著正相关，说明维生素 E 可能影响 *LPL* 基因的表达而间接影响机体的脂质代谢。*A-FABP* 由脂肪细胞和巨噬细胞释放，参与细胞间的脂质转运，是代谢和血管风险生物标志物[14]。本试验中，维生素 E 对肉鸡肝脏 *A-FABP* 基因表达量有不显著的微调作用，不会过高而对脂质代谢产生不利影响。*H-FABP* 基因与脂肪组织的发育和功能密切相关，被认为是脂质代谢的候选基因，能影响脂肪沉积[15]。本试验中，高水平的维生素 E 可显著提高试鸡肝脏 *H-FABP* 基因表达量，且两者呈显著正相关，说明维生素 E 可能可以通过影响 *H-FABP* 基因表达量来调节机体组织脂肪的沉积。肝脏中 *L-FABP* 基因的表达量受许多因素的影响，如高脂饲粮会使大鼠肝脏的 *L-FABP* 基因的表达量升高[16]，增加饲粮中的维生素 E 水平也能显著提高骡鸭肝脏中 *L-FABP* 基因表达量[17]。本试验结果与以上结论基本一致。综上表明，维生素 E 可一定程度影响与机体脂质代谢相关的 *LPL*、*H-FABP*、*L-FABP* 基因的表达，进而证明了维生素 E 可能存在影响相关基因的表达来间接对机体脂质代谢产生影响，但具体的影响机制还有待一步研究。

4 结　论

饲粮添加高水平（150 mg/kg）的维生素 E 可以改善广西三黄肉鸡的免疫功能，提高组织中α-生育酚的沉积，调节肝脏 *LPL*、*H-FABP*、*L-FABP* 基因表达量，从而影响机体的脂质代谢。

参考文献：

[1] 余亮彬. 规模化猪场猪群免疫力下降的原因及对策[J]. 中国畜禽种业,2011,8(11):67–69.

[2] 孙永风,李立勇,武明宇.维生素 E 营养研究进展[J].现代农业科技,2007(23):209–210.

[3] 吴媛媛,王宇祥,李辉.鸡肝脏内脂肪代谢相关因子的研究进展[J].畜牧与兽医,2013,45(1):91–95.

[4] 刘顺德,李娜,高小艳,等.动物 *FABP* 家族基因与脂肪沉积关联研究进展[J].农业科学研究,2010,31(3):44–48.

[5] GALLI F,AZZI A,BIRRINGER M,et al.Vitamin E:emerging aspects and new

directions[J].Free Radical Biology and Medicine,2017,102:16–36.
[6] 袁艺森.维生素 E 和硒对蛋雏鸭生长、免疫及抗氧化的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2014.
[7] SALARY J,SAHEBI-ALA F,KALANTAR M,et al.*In ovo* injection of vitamin E on post-hatch immunological parameters and broiler chicken performance[J].Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine,2014,4(S2):S616–S619.
[8] 蒋守群,周桂莲,林映才,等.饲粮维生素 E 水平对 22~42 日龄黄羽肉鸡生长性能、免疫功能和抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):289–298.
[9] 张宏馨,黄仁录, 郭小虎, 等. 维生素 E 对冷应激下蛋种鸡生产性能、蛋品质及蛋黄和组织中α-生育酚含量的影响[J].动物营养学报,2012,24(11):2243–2248.
[10] KAKHKI R A M,BAKHSHALINEJAD R,SHAFIEE M.Effect of dietary zinc and α-tocopheryl acetate on broiler performance,immune responses,antioxidant enzyme activities,minerals and vitamin concentration in blood and tissues of broilers[J].Animal Feed Science and Technology,2016,221:12–26.
[11] SÜNDER A,FLACHOWSKY G.Influence of high vitamin E dosages on retinol and carotinoid concentration in body tissues and eggs of laying hens[J].Archiv für Tierernaehrung,2001(1):43–52.
[12] ZAPPATERRA M,DESERTI M,MAZZA R,et al.A gene and protein expression study on four porcine genes related to intramuscular fat deposition[J].Meat Science,2016,121:27–32.
[13] GELDENHUYS W J,LIN L,DARVESH A S,et al.Emerging strategies of targeting lipoprotein lipase for metabolic and cardiovascular diseases[J].Drug Discovery Today,2017,22(2):352–365.
[14] GUAITA-ESTERUELAS S,GUMÀ J,MASANA L,et al.The peritumoural adipose tissue microenvironment and cancer.The roles of fatty acid binding protein 4 and fatty acid binding protein 5[J].Molecular and Cellular Endocrinology,2017,doi:10.1016/j.mce.2017.02.002.
[15] TYRA M,ROPKA-MOLIK K,ECKERT R,et al.*H-FABP* and *LEPR* gene expression profile in skeletal muscles and liver during ontogenesis in various breeds of pigs[J].Domestic Animal Endocrinology,2011,40(3):147–154.

[16] 冯爱娟

[17] 马倩

Effects of Vitamin E on Immune Function, α-Tocopherol Deposition and Gene Expressions of Lipoprotein Lipase and Fatty Acid-Binding Proteins in Tissues of *Guangxi Sanhuang* Chicken

LIU Minyan[1] BU Zeming[2] LI Yuanyuan[1] LIU Wentao[1] SU Lisui[3] LIANG Mingzhen[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning* 530004, *China; 2. Institute of Veterinary Drug Control of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning* 530001, *China; 3. Guangxi Fufeng Group, Nanning* 530001, *China)*

Abstract: This experiment was to investigate the effects of different dietary vitamin E levels on immune function， α-tocopherol deposition and gene expressions of lipoprotein lipase (*LPL*) and fatty acid-binding proteins in tissues of *Sanhuang* chicken. A total of 256 *Guangxi Sanhuang* chickens at 80 days of age were randomly divided into 4 groups with 4 replicates per group and 16 chickens per replicate. Vitamin E at 0 (control), 50, 100 and 150 mg/kg was added to a basal diet of different groups, respectively. Pre-experiment lasted for 5 d, and experiment lasted for 35 d. The results showed that compared with control group: 1) the content of immunoglobulin A (IgA) in serum was significantly increased by dietary supplementation of 50 mg/kg vitamin E (P<0.05); the content of immunoglobulin M (IgM) in serum was significantly increased by dietary supplementation of 50 mg/kg vitamin E (P<0.05); dietary supplementation of different levels of vitamin E had no significant effects on spleen index, and the contents of interleukin-2, tumor necrosis factor-α, interferon-γ and immunoglobulin G (IgG) in serum (P>0.05). 2) The content of α-tocopherol in liver was significantly increased by dietary supplementation of 50, 100 and 150 mg/kg vitamin D (P<0.05); the content of α-tocopherol in breast was significantly increased by dietary supplementation of 150 mg/kg vitamin D (P <0.05)； dietary supplementation of different levels of vitamin E had no significant effects on the content of α-tocopherol in thigh (P>0.05). 3) The expression level of *LPL* gene in liver was significantly increased by dietary supplementation of 100 and 150 mg/kg vitamin D (P<0.05); the expression level of heart type-fatty acid-binding

*Corresponding author, professor, E-mail: lmzhen62@163.com (责任编辑 王智航)

protein (*H-FABP*) gene in liver was significantly increased by dietary supplementation of 150 mg/kg vitamin D ($P<0.05$); the expression level of liver type-fatty acid-binding protein (*L-FABP*) gene in liver was significantly increased by dietary supplementation of 50, 100 and 150 mg/kg vitamin D ($P<0.05$); dietary supplementation of different levels of vitamin E had no significant effects on the expression level of adipocyte type -fatty acid-binding protein (*A-FABP*) gene ($P>0.05$). 4) There was a significant positive correlation between dietary vitamin E level and expression levels of *LPL*, *H-FABP* and *L-FABP* genes in liver of *Guangxi Sanhuang* chicken ($P<0.05$). In summary, it is suggested that the supplementation of a high level （150 mg/kg） of vitamin E in diet can improve immune function, increase α-tocopherol deposition in tissues, and regulate expression levels of *LPL*, *H-FABP* and *L-FABP* genes in liver of *Guangxi Sanhuang* chicken, which may has impact on the body’s fat metabolism.

Key words: vitamin E; *Guangxi Sanhuang* chicken; immune function; α-tocopherol deposition; gene expression level